

Таблица 2

## Составы исходного и товарного сульфата натрия

Состав исходного раствора сульфата натрия, % мас.		Состав товарного сульфата натрия, % мас.	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	22,26	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	99,68
NaCl	0,01	NaCl	0,02
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,16	H <sub>2</sub> O	0,30
Нерастворимый остаток	0,01		
H <sub>2</sub> O	77,56		

Таблица 3

## Основные технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Единица измерения	До внедрения технологии	После внедрения технологии
Объем производства продукции	т	27200,00	28500,00
Общая сумма инвестиций	тыс. руб.	–	2100,00
Стоимость основных производственных фондов	млн руб.	73,04	75,14
Численность работающих	чел.	77,00	77,00
Производительность труда: – одного работающего – одного рабочего	тыс. руб./ чел.	353,25 405,97	370,13 425,37
Себестоимость продукции: – единицы продукции – всего выпуска	руб. млн руб.	2802,41 76,22	2793,41 79,61
Условно-годовая экономия	тыс. руб.	–	256,50
Цена за 1 тонну продукта	тыс. руб.	5,13	5,13
Прирост чистой прибыли	тыс. руб.	–	2625,90
Срок окупаемости	мес.	–	7,20

Полученные результаты свидетельствуют о практической возможности и экономической целесообразности реализации рассматриваемого проекта (табл. 2 и 3).

УДК 66.040

Чалов Е. О., Платонов И. В., Картавец С. В.  
Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова  
e\_chalov@mail.ru; plabel@mail.ru; kartavzw@mail.ru

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЛОМА В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕ**

В металлургическом производстве теряется большое количество энергии с охлаждаемой сталью. Использование теплоты жидкой стали как вторичного энергетического ресурса позволило бы решить эту проблему.

По проведенным исследованиям [1] наиболее эффективным применением теплоты жидкой является использование ее на подогрев и плавление металлического лома, так как из всех материальных металлургических потоков только металлический лом возможно нагреть до 1600 °С и передать всю теплоту жидкой стали. Использование полученного плавного лома позволит увеличить долю металлического лома в сталеплавильном процессе и снизить энергоемкость производства.

Есть принципиальные решения получения плавного металлического лома за счет теплоты жидкой стали с использованием высокотемпературного жидкометаллического теплоносителя [2]. В качестве теплоносителя выбран свинцово-висмутовый сплав С-13. Данный сплав химически не взаимодействует со сталью, его можно использовать во всем температурном интервале охлаждения жидкой стали, а необходимая разность плотностей позволяет не перемешиваться теплоносителю и жидкой стали.

Следующим этапом данной работы являлось экспериментальное моделирование процесса плавления металлического лома в высокотемпературном теплоносителе.

Из-за сложности натурного эксперимента процесса плавления металлического лома в свинцово-висмутовом сплаве проводится экспериментальное моделирование на более простых материалах с соблюдением условий подобия.

В качестве модели высокотемпературного теплоносителя выбрана вода, а моделирующим материалом является парафин. Выбор материалов обосновывается их доступностью, изученностью, дешевизной.

Для соблюдения условий подобия предварительно были рассчитаны числа Био для плавления металлического лома в высокотемпературном теплоносителе, а также плавления парафина в воде [3]. В расчетах металлический лом представлен в виде стальных шаров, что является обычным приемом идеализации при решении задач нагрева и расплавления шихты. Поэтому для различных видов лома определяли эквивалентный диаметр кусков. В расчетах эквивалентный диаметр лома изменялся в интервале 25–500 мм, что следует из эквивалентного диаметра лома и отвечает достаточно большому разнообразию видов лома, применяемого в сталеплавильном процессе.

Из условий равенства чисел Био для процесса плавления металлического лома и процесса плавления парафина были найдены диаметры парафина, адекватно моделирующие процесс плавления металлического лома в высокотемпературном теплоносителе.

Размеры парафина получились равными 0,001–0,03 м [3]. Для проведения эксперимента плавления использовался парафин в форме шара диаметром 0,01 м. Этот диаметр моделирует средние куски лома, а также обеспечивает наглядность эксперимента и удобен для фиксации времени плавления.

Эксперимент проводился следующим образом: парафин в форме шара диаметром 0,01 м с температурой окружающей среды 23 °С погружается в воду, предварительно нагретую до 70 °С. Температура воды превышает темпера-

туру плавления парафина (56 °С). Превышение температурой воды температуры плавления парафина соответствует превышению температурой теплоносителя температуры плавления стали. Изменение температуры парафинового шара фиксируется с помощью термопары, встроенной в центр шара. Изменение температуры воды и окружающей среды осуществляется дополнительными термопарами. Также в ходе эксперимента фиксировалось время до полного расплавления парафина. Экспериментальные данные представлены на рисунке.

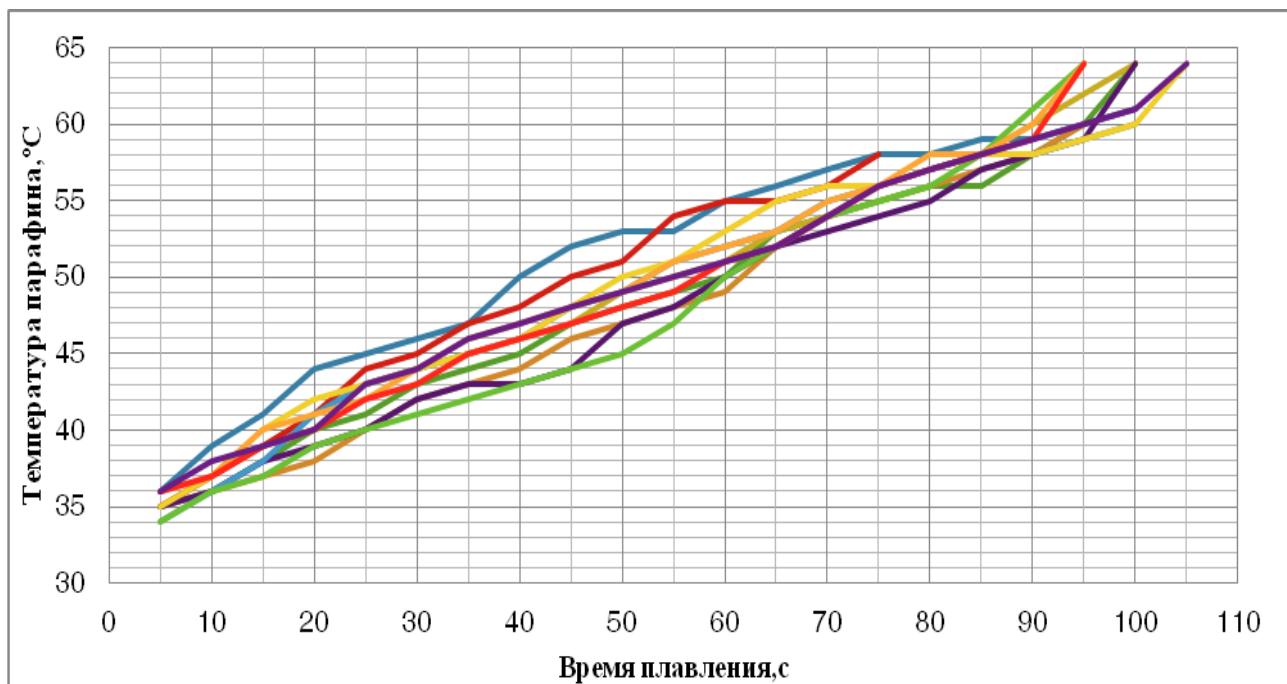


График зависимости температуры парафина от времени плавления

Согласно экспериментальным данным, среднее время плавления шара парафина диаметром 0,01 м составило 97 секунд. Исходя из полученного времени, удельная объемная производительность составила  $4,86 \cdot 10^{-6}$  кг/с.

#### Список литературы

1. Платонов И. В., Картавцев С. В. Возможности интенсивного энергосбережения в электросталеплавильном процессе // *Электromеталлургия*. 2013. № 8. С. 42–45.
2. Строгонов К. В., Картавцев С. В. Жидкая сталь. Использование теплоты и скоростная разливка : монография. Магнитогорск : МГТУ, 2006. 147 с.
3. Чалов Е. О., Платонов И. В., Картавцев С. В. Физическое моделирование процесса плавления металлического лома в высокотемпературном теплоносителе // *Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии* : сб. материалов Всерос. студенческой олимпиады, науч.-практ. конф. и выставки работ студентов, аспирантов и молодых ученых. Екатеринбург : УрФУ, 2013. С. 231–234.